

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. August 2005 (18.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/074848 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **A61F 9/008**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/001083

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. Februar 2005 (03.02.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
04002326.9 3. Februar 2004 (03.02.2004) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **IROC AG** [CH/CH]; Zolliker Strasse 164, CH-8008
Zürich (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MROCHEN, Michael**

[DE/CH]; Stäpfelistrasse 5, CH-8606 Nänikon (CH).
SEILER, Theo [DE/CH]; Haldenbachstrasse 33, CH-8006
Zürich (CH).

(74) Anwalt: **VON HELLFELD, Axel**; Wuesthoff &
Wuesthoff, Schweigerstrasse 2, 81541 München (DE).

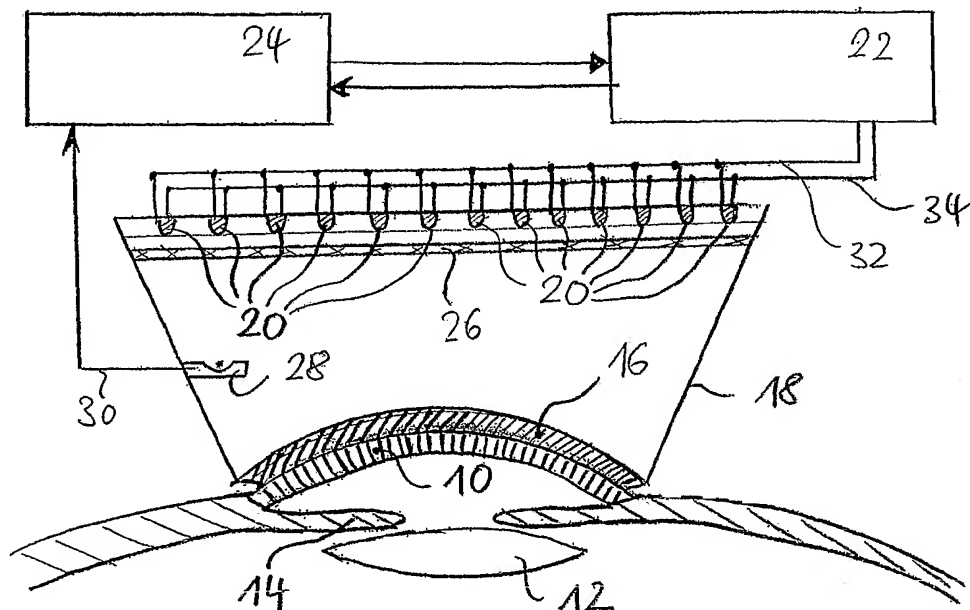
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: OPHTHALMOLOGIAL DEVICE

(54) Bezeichnung: OPHTHALMOLOGISCHE VORRICHTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a device which is used to correct defective vision of an eye. Said device combines a device (16) which is used to deform the cornea of the eye with a device (18, 20) which is used to harden the cornea.

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung zum Korrigieren einer Fehlsichtigkeit eines Auges kombiniert eine Einrichtung (16) zum Verformen der Hornhaut des Auges mit einer Einrichtung (18, 20) zum Verfestigen der Hornhaut.

WO 2005/074848 A1



ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Ophtalmologische Vorrichtung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Korrigieren einer Fehlsichtigkeit oder Hornhauterkrankung eines Auges sowie Einrichtungen zur Verwendung in einer solchen Vorrichtung.

Der sogenannte Keratokonus ist eine Erkrankung, bei der es zur Erweichung der Augenhornhaut kommt und infolge dieser Erweichung zu einer Auswölbung der Hornhaut aufgrund des Augeninnendruckes. Es versteht sich, dass eine solche Auswölbung zu einer Störung der Abbildungseigenschaften des Auges führt. Eine konservative Therapie des Keratokonus sieht eine Verfestigung der Hornhaut vor. Dies wird zum Beispiel in folgenden Veröffentlichungen beschrieben: E. Spörl, J. Schreiber, K. Hellmund, T. Seiler und P. Knuschke in DER OPHTALMOLOGE 3 – 2000, S. 203-206; E. Spörl, T. Seiler in JOURNAL OF REFRACTIVE SURGERY, Vol. 15, 1999, S. 711-713; G. Wollensak, E. Spoerl, T. Seiler, AMERICAN JOURNAL OF OPHTHALMOLOGY, May 2003, S. 620-627. Kurz gesagt, wird gemäß diesem Stand der Technik zur konservativen Therapie des Keratokonus zunächst das Epithel von der Hornhaut entfernt und dann ein Fotosensibilisator (z.B. Riboflavin) auf die freigelegte Hornhaut getropft. Dieser Fotosensibilisator durchdringt dann die gesamte Hornhaut und gelangt auch in die Vorderkammer des Auges. Sodann wird das Auge mit ausgewählter elektromagnetischer Strahlung bestrahlt (zum Beispiel UVA oder UV) und dadurch werden biochemische und biomechanische Prozesse induziert (zum Beispiel ein „Cross-linking“ bzw. eine Vernetzung), welche zu einer Verfestigung der Hornhaut führen. Der Fotosensibilisator wird als körpereigenes Produkt rückstandslos danach innerhalb relativ kurzer Zeit abgebaut. Die erreichte mechanische Verfestigung des Gewebes verhindert mehr oder weniger die genannte unerwünschte Auswölbung der Hornhaut.

Eine andere bekannte Korrektur einer Fehlsichtigkeit des Auges ist die sogenannte Orthokeratologie. Bei dieser konservativen Therapie wird dem Patienten (zum Beispiel über Nacht) eine spezielle Kontaktlinse aufgesetzt, welche die Hornhaut in ge-

wünschter Weise verformt. Bleibt die verformende Kontaktlinse über einen längeren Zeitraum, zum Beispiel mehrere Stunden auf dem Auge, dann kann die verformende Wirkung nach Abnahme der Kontaktlinse über mehr oder weniger lange Zeitspannen andauern und so eine Verminderung der Fehlsichtigkeit bewirken. Allerdings ist dieser Korrektoreffekt nicht stabil, insbesondere bei Patienten mit schwachen mechanischen Eigenschaften der Hornhaut. Auch können Patienten die bei diesem Verfahren auftretende Schwankung der Refraktionseigenschaften des Auges als störend empfinden.

Mit der vorliegenden Erfindung sollen eine Vorrichtung und ein Verfahren bereitgestellt werden, mit denen die vorstehend erläuterten Abbildungsfehler und Schwächen des Auges wirksamer behandelt werden können.

Hierzu schlägt die Erfindung eine Vorrichtung vor, bei der eine Einrichtung zum Verformen der Hornhaut und eine Einrichtung zum Verfestigen der verformten Hornhaut kombiniert sind.

Dabei kann die Verformung und die Verfestigung der Hornhaut gleichzeitig oder mit zeitlichem Versatz oder zeitlicher Überlappung erfolgen. In der Regel wird die Verfestigung durchgeführt, wenn die Verformung vorliegt.

Die Einrichtung zum Verformen der Hornhaut weist bevorzugt einen Formkörper auf, der auf dem Auge platzierbar ist, also zum Beispiel eine als solches bekannte Kontaktlinse oder dergleichen. Für die erfindungsgemäße Vorrichtung muss jedoch der Formkörper nicht notwendigerweise wie eine das Sehvermögen des Auges optimal verbessernde Kontaktlinse gestaltet sein, vielmehr kann der Formkörper unter Berücksichtigung der nachfolgend näher beschriebenen Verfestigung der Hornhaut optimiert werden.

Die vorstehend erläuterte Einrichtung zum Verformen der Hornhaut weist bevorzugt einen Formkörper auf, der geeignet ist, so auf die Hornhaut aufgebracht zu werden,

dass zwischen der Hornhaut und dem Formkörper ein Unterdruck (Vakuum) entsteht, durch welchen die Hornhaut geformt wird, also sich im gesamten gewünschten Bereich satt an die Fläche des Formkörpers anlegt.

5 Die Verfestigung der in eine gewünschte Form gebrachten Hornhaut erfolgt mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit zumindest einer Strahlungsquelle zum Bestrahlen der Hornhaut, wobei die Strahlung bevorzugt homogen auf die zu verfestigende Hornhaut fällt. Eine homogene Verteilung der elektromagnetischen Strahlung liegt
10 dann vor, wenn pro Flächeneinheit im wesentlichen die gleiche Strahlungsmenge auf die Hornhaut auftrifft. Eine solche homogene Strahlungsverteilung wird in der Regel mit einer stationären punktförmigen Strahlungsquelle, deren Strahlung auf die sphärisch gekrümmte Hornhaut trifft, nicht erreicht weil der Einfallswinkel der Strahlung in Abhängigkeit vom Ort auf der Hornhaut variiert. Die Erfindung sieht deshalb besondere Maßnahmen zur Homogenisierung der Strahlungsverteilung vor, sodass auch
15 die mit der Strahlung bewirkte Verfestigung der Hornhaut im wesentlichen homogen ist.

In Abwandlung der vorstehend beschriebenen Ausführungsform der Erfindung ist es auch möglich, Steuereinrichtungen für die Strahlungsverteilung über die Hornhaut so
20 vorzusehen, dass die pro Flächeneinheit auf die Hornhaut auftreffende Strahlungsmenge in Abhängigkeit vom Ort auf der Hornhaut wahlweise einstellbar ist, also beispielsweise so, dass in mehr peripheren Bereichen der Hornhaut eine stärkere Verfestigung erfolgt als in mehr zentralen Bereichen der Hornhaut, oder umgekehrt, je nach Diagnose und/oder Therapieziel.

25 So sieht eine besondere Ausgestaltung der Erfindung vor, dass eine Einrichtung vorgesehen ist zum Bestimmen von Eigenschaften der Hornhaut und/oder anderer Komponenten des Auges. Diese Messungen können gegebenenfalls an unterschiedlichen Orten der Hornhaut zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, was wiederum für
30 die oben erwähnte Steuerung der Verteilung der Intensität der elektromagnetischen

Strahlung in Abhängigkeit vom Ort des Auges bei besonderen Ausführungsformen der Erfindung von Bedeutung sein kann.

Die erfindungsgemäße Einrichtung zum Verfestigen der Hornhaut mittels elektromagnetischer Strahlung kann so gestaltet sein, dass sie mit ihrem die Hornhaut formenden Formkörper in Eingriff mit der Hornhaut steht. In Abwandlung dieser Ausführungsform kann aber auch die Einrichtung, mit der die elektromagnetische Strahlung auf die Hornhaut aufgebracht wird, so gestaltet sein, dass sie Abstand von der Hornhaut hat. Die Erfindung lehrt auch unterschiedliche Strahlungsquellen für die elektromagnetische Strahlung und unterschiedliche Techniken, die Strahlung zum Einsatzort zu führen. Einzelheiten dazu finden sich in den abhängigen Patentansprüchen und in der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, die Einrichtung, mit der die elektromagnetische Strahlung auf die Hornhaut abgestrahlt wird, mit einem Operationsmikroskop zu koppeln, und zwar bevorzugt derart, dass der Operateur während des Aufbringens der elektromagnetischen Strahlung das Auge und insbesondere die Hornhaut, oder Teile davon, beobachten kann.

Gemäß einer anderen bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird ein als solches bekannter sogenannter „Justierstrahl“ für die Positionierung des Auges eingesetzt. Ein solcher Strahl wird in der Literatur auch bisweilen als „Fixierlichtstrahl“ bezeichnet. Damit lässt sich die Positionierung des Auges in Bezug auf die beschriebenen Vorrichtungen und Einrichtungen verbessern. Es ist auch möglich, die hier beschriebenen Vorrichtungen und Einrichtungen mit einem sogenannten „eye-tracker“ zu kombinieren. Solche „eye-tracker“ sind Augenverfolgungssysteme, die mögliche Bewegungen des Auges optisch verfolgen und andere für die Chirurgie eingesetzte Instrumente, zum Beispiel Laserstrahlen, entsprechend der Augenbewegung nachführen. Es ist, gemäß einer anderen Variante der Erfindung, auch möglich, die Positionierung der beschriebenen Vorrichtungen und Einrichtungen am Auge mit einem Brillengestell zu fördern.

Die Erfindung lehrt auch ein Verfahren zum Korrigieren einer Fehlsichtigkeit des Auges, bei dem eine Verformung und eine Verfestigung der Augenhornhaut in Kombination durchgeführt werden.

5 Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen. Es zeigt:

Figur 1 eine Vorrichtung zum Korrigieren einer Fehlsichtigkeit eines Auges;

10

Figur 2 eine abgewandelte Ausführungsform einer Vorrichtung zum Korrigieren einer Fehlsichtigkeit des Auges;

Figur 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Korrigieren einer Fehlsichtigkeit des Auges in Kombination mit einem Mikroskop; und

15

Figur 4 schematisch eine Anordnung mehrerer Strahlungsquellen zum Bestrahlen einer Hornhaut.

20

In den Figuren sind einander entsprechende oder funktionsähnliche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Figur 1 zeigt schematisch ein Auge mit einer Hornhaut 10, einer Linse 12 und einer Iris 14.

25

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 1 liegt ein Formkörper 16 direkt auf der Hornhaut 10 um diese in gewünschter Weise zu verformen. Ohne den Formkörper 16 (d.h. vor dessen Aufdrücken auf die Hornhaut) hatte die Hornhaut 10 eine andere Form. Der Formkörper 16 ist fest verbunden mit einem Gehäuse 18, das zur Führung elektromagnetischer Strahlung in Richtung auf den Formkörper 16 und die Kornea 10

30

beim dargestellten Ausführungsbeispiel konisch geformt ist. Zur Strahlungsführung kann das Gehäuse 18 innenseitig verspiegelt sein.

5 Eine Vielzahl von Strahlungsquellen 20 sind mit dem Gehäuse 18 verbunden. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Strahlungsquellen 20 als LEDs ausgebildet. Mittels einer Stromversorgung 22 werden die einzelnen Strahlungsquellen 20 einzeln einstellbar angesteuert, d.h. die von den einzelnen Strahlungsquellen 20 abgegebene Strahlungsmenge kann selektiv, je nach Bedarf, eingestellt werden. Dabei kann sowohl die von allen Strahlungsquellen 20 abgegebene Strahlungsmenge gleichzeitig
10 proportional eingestellt werden oder es können einzelne Strahlungsquellen, je nach ihrem Ort, wahlweise selektiv hinsichtlich der von ihnen abgegebenen Strahlungsmenge eingestellt werden.

15 Für die Steuerung der von den Strahlungsquellen 20 jeweils abgegebenen Strahlungsmengen ist eine Steuer- und Regeleinheit 24 vorgesehen, die zum Beispiel rechnergesteuert sein kann.

20 Im Strahlengang der von den Strahlungsquellen 20 abgegebene Strahlung ist ein sogenannter „Diffusor“ 26 angeordnet, zum Beispiel in Form einer Streuplatte (Milchglas), einer Platte mit rauer Oberfläche, oder einem transparenten Körper mit Streuzentren. Die Funktion des Diffusors ist es, die von den Strahlungsquellen 20 abgegebene Strahlung möglichst gleichmäßig zu verteilen, sodass Intensitätsspitzen vermieden werden.

25 Ein Strahlungssensor 28 erfasst einen Teil der vom Diffusor 26 in Richtung auf den Formkörper 16 bzw. die Kornea 10 gerichteten Strahlung, wobei dieser Teil repräsentativ ist für auf die Kornea 10 auftreffende Strahlung. Das Messsignal des Sensors 28 wird über eine Leitung 30 in die Steuer- und Regeleinheit 24 zur Verarbeitung übertragen, damit die Steuer- und Regeleinheit 24 entsprechend die Stromversorgungseinheit 22 für die einzelnen Strahlungsquellen 20 ansteuern kann. In Figur 1
30 sind schematisch Leitungen 32, 34 für die einzelnen Strahlungsquellen 20 dargestellt,

jedoch ist bevorzugt vorgesehen, dass jede einzelne Strahlungsquelle 20 selektiv ansteuerbar ist, sodass für die einzelnen Strahlungsquellen unterschiedliche Strahlungsintensitäten vorgesehen werden können.

5 Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 2 ist die Vorrichtung gegenüber dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 dahingehend abgewandelt, dass die Einrichtungen zum Erzeugen und Führen der Strahlung in Richtung auf die Kornea von letzterer beabstandet sind. Das Gehäuse 18 weist hierzu an seinen dem Auge zugekehrten Enden Abstandssensoren 36, 38 auf. Die Vorrichtung gemäß Figur 2 und auch alle
10 anderen hier beschriebenen Vorrichtungen zum Erzeugen und Führen elektromagnetischer Strahlung sind alternativ auch ohne Verwendung eines Formkörpers für die Formung der Kornea verwendbar. Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 2 kann ein Formkörper (nicht gezeigt), zum Beispiel eine Kontaktlinse oder dergleichen, direkt auf die Kornea 10 appliziert werden.

15 Das Ausführungsbeispiel nach Figur 3 zeigt die Kombination einer abgewandelten Einrichtung zum Erzeugen und Führen elektromagnetischer Strahlung in Verbindung mit einem Mikroskop 40, zum Beispiel einem Operationsmikroskop für die Augenchirurgie. Das Mikroskop 40 kann mit einem Filter versehen sein (nicht gezeigt), das
20 ermöglicht, dass der Operateur ohne Beeinträchtigung durch die von den Strahlungsquellen 20 erzeugte elektromagnetische Strahlung die interessierenden Augenteile beobachten kann. Das Mikroskop 40 ist über einen Arm 42 mit dem Gehäuse 18 der Strahlungsquellen 20 verbunden und zum Beispiel über einen Mechanismus (nicht gezeigt) in Richtung des Doppelpfeiles 44 entlang der optischen Achse 46 bewegbar.
25 Wie dargestellt, weist das Gehäuse 18 mit den Strahlungsquellen 20 zentral im Bereich der optischen Achse 46 einen freien Durchgang für die Mikroskop-Beobachtung auf. Diese Öffnung bildet eine optische Apertur, deren zentrale Achse mit der optischen Achse des Mikroskops übereinstimmt.

30 Figur 4 zeigt schematisch eine Abwandlung der Vorrichtung zum Erzeugen und Führen der elektromagnetischen Strahlung in Richtung auf die Kornea. Gemäß Figur 4

sind eine Vielzahl von optischen Lichtleitern 52 vorgesehen, deren Enden 54 in einer Halteplatte 50 befestigt sind, sodass die von den Enden abgegebenen Strahlungskegel 56 unterhalb der Platte 50 austreten. Mit einer solchen Anordnung kann in den Figuren 1, 2 und 3 zum Beispiel die Anordnung aus den Strahlungsquellen 20 und dem Diffusor 26 ersetzt werden. Der Abstand zwischen den einzelnen Enden 54 der Lichtleiter 52 und der Abstand der Platte 50 von der Hornhaut können so eingestellt werden, dass sich die Strahlungskegel 56 so weit überlappen, dass eine hinreichend homogene Strahlungsverteilung auf der Hornhaut gegeben ist. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel können Halbleiter als Lichtquelle (nicht gezeigt) verwendet werden. Zum Beispiel kann eine gemeinsame Strahlungsquelle (nicht gezeigt) vorgesehen sein, um alle Lichtleiter 52 zu speisen. Es ist auch möglich, einzelne Lichtleiter einzeln anzusteuern, um eine unabhängige Einstellbarkeit der Strahlungsintensität bei zumindest einigen der Lichtleiter zu ermöglichen. Soll mit einer Anordnung gemäß den Figuren 1, 2, 3 oder 4 eine homogene Beaufschlagung der Hornhaut mit elektromagnetischer Strahlung erreicht werden, so ist die sphärische Krümmung der Hornhaut zu berücksichtigen. Diese sphärische Krümmung hat zur Folge, dass die Strahlungen mit unterschiedlichen Winkeln auf die Kornea auftreffen, je nach Abstand von der optischen Achse. Bei einer Anordnung gemäß den Figuren 1 bis 3 wären deshalb zur Erzeugung einer vollständig homogenen Strahlungsverteilung unterschiedliche Ansteuerungen der einzelnen Lichtquellen 20 erforderlich.

Eine einfache Homogenisierung der Strahlungsverteilung kann mit einer Anordnung gemäß Figur 4 dadurch erreicht werden, dass die Platte 50 im gleichen Sinn sphärisch gekrümmt wird, wie die Oberfläche der Kornea. Dann strahlen alle Kegel 56 im wesentlichen radial in Bezug auf ein Zentrum der Sphäre der Kornea, d.h. die Achsen der einzelnen Kegel stehen im wesentlichen senkrecht auf der Oberfläche der Kornea, sodass alle Strahlungskegel 56 in gleicher Weise und mit gleicher Winkelverteilung auf die Oberfläche treffen und dadurch eine homogene Strahlungsverteilung erreicht wird. Der elektronische Steuerungsaufwand hinsichtlich der Strahlungsquellen ist bei dieser Variante wesentlich vereinfacht im Vergleich zu der oben erläuterten Variante, bei der die einzelnen Strahlungsquellen so angesteuert werden, dass sie

mit unterschiedlicher Intensität abstrahlen, je nach ihrer Lage in Bezug auf die Kornea.

Mit den anhand der Figuren 1 bis 4 erläuterten Ausführungsbeispielen der Erfindung ist es möglich, die Hornhaut 10 zu formen und zu festigen. Hierfür wird der oben angesprochene Fotosensibilisator in die Hornhaut in der beschriebenen Weise homogen eingebracht und die Bestrahlung mit geeigneten Wellenlängen, zum Beispiel UVA oder UV, durchgeführt. Zur Zeit kommen insbesondere Wellenlängen im UV-Bereich oder härtere Strahlung in Betracht, also Wellenlängen etwa in einem Bereich von 300 bis 400 nm. Die Strahlungsquellen 20 sind entsprechend ausgelegt. Der Formkörper 16 oder eine an dessen Stelle verwendete Kontaktlinse sind für die verwendete Strahlung transparent. Insgesamt kommt grundsätzlich das gesamte elektromagnetische Strahlungsspektrum in Betracht, je nach verwendetem und zur Verfügung stehendem Fotosensibilisator. Es ist auch möglich, eine Hornhaut-Verfestigung ohne Fotosensibilisator nur durch die Strahlung selbst durchzuführen.

Es können für die Strahlungsquellen 20 Leuchtdioden mit unterschiedlichen Wellenlängen eingesetzt werden, je nach den gewünschten therapeutischen Wirkungen. Es ist auch möglich, zusätzlich eine Lichtquelle, deren Strahlung über einen optomechanischen Strahlengang (zum Beispiel einen sogenannten Köhler'schen Strahlengang) geführt wird, zur Beleuchtung einzusetzen.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung wird ein Formkörper 16 verwendet, der eine Überverformung der Kornea bewirkt. Es wird also während des Kontaktes zwischen dem Formkörper bzw. der Kontaktlinse mit der Hornhaut letztere stärker verformt als das eigentliche Verformungsziel ist. Damit wird berücksichtigt, dass nach Entfernung des Formkörpers bzw. der Kontaktlinse eine gewisse Regression, d.h. eine Rückbildung der Hornhaut in Richtung auf ihre Ausgangsform erfolgt. Durch die Überverformung wird dann letztlich die gewünschte Form der Hornhaut erreicht. Die Verfestigung mit elektromagnetischer Strahlung kann zumindest teilweise auch bereits vor der Verformung durchgeführt werden; oder auch während und nach der

Verformung. Die Verwendung von Befeuchtern, Anästhetika etc. erfolgt je nach Diagnose und Situation.

Die Formung und Verfestigung der Hornhaut mit Vorrichtungen gemäß den Figuren 1 bis 4 kann durch den Einsatz von besonderen Messungen am Auge verbessert werden.

So ist es zum Beispiel mit Mitteln, die der Stand der Technik bereithält, möglich, die Hornhautdicke optisch oder akustisch zu bestimmen. In Abhängigkeit von der so ermittelten Hornhautdicke oder anderen Parameter können dann die Prozessparameter hinsichtlich der Verformung und/oder Verfestigung der Hornhaut, wie oben beschrieben, eingestellt werden. Zum Beispiel wird eine stärkere Hornhaut für eine regressionsfreie Verformung entweder längere Zeiten für die Verfestigung erfordern oder auch eine höhere Konzentration an Fotosensibilisator und/oder eine stärkere Überverformung im oben angesprochenen Sinn.

Eine andere Möglichkeit, die Verformung und Verfestigung mit den Einrichtungen gemäß den Figuren 1 bis 4 zu verbessern ist eine direkte akustische Spektroskopie zur Bestimmung der biomechanischen Eigenschaften der Hornhaut während des Prozesses. Durch Aufbringung von Ultraschall (nicht gezeigt) auf die Hornhaut und Messung der akustischen Transmission können die genannten Eigenschaften der Hornhaut ermittelt werden, zum Beispiel der Grad ihrer Verfestigung während der oben beschriebenen Verfahren. Daraus können insbesondere Steuerparameter für die Zeitspanne der Aufbringung der elektromagnetischen Strahlung und/oder von deren Intensität abgeleitet werden.

Der Stand der Technik kennt auch eine sogenannte dynamische mechanische Spektroskopie zur Bestimmung biomechanischer Eigenschaften der Hornhaut. Auch diese Technik kann in Verbindung mit den gezeigten Vorrichtungen und Verfahren eingesetzt werden, um die Prozessparameter zu optimieren.

Ebenfalls bekannt ist als solches die sogenannte Fluoreszenzanalyse, die besonders geeignet ist, den Bestrahlungsvorgang und die Intensität der aufgetragenen Strahlung sowie deren Wirkungen zu überwachen und aus den ermittelten Werten wiederum Steuerparameter für die Bestrahlung abzuleiten, also zum Beispiel in bestimmten Situationen die Strahlung abzuschwächen, um unerwünschte Effekte zu vermeiden.

Es ist auch möglich, zusammen mit den gezeigten Vorrichtungen die als solches bekannte Konvokalemikroskopie zur Beurteilung von eventuell auftretenden Gewebefekten einzusetzen, um unerwünschte Störungen zu vermeiden. Auch kann während des Einsatzes der Vorrichtung vorgesehen sein, den Augeninnendruck zu bestimmen, um daraus eventuell Steuergrößen für die Verfestigung der Hornhaut abzuleiten. Entsprechendes gilt für den Einsatz von als solches bekannten Verfahren für die optische Spektroskopie zur Gewebecharakterisierung oder auch Verfahren, die mittels akustooptischer Spektroskopie eine Gewebecharakterisierung ermöglichen.

Die Stromversorgung der vorstehend beschriebenen Vorrichtungen und Einrichtungen kann wahlweise durch eine Batterie, einen Akkumulator oder durch ein Netzteil erfolgen. Es ist auch möglich, zur Positionierung des Auges des Patienten eine elektromechanisch verfahrbare Patientenliege oder einen entsprechenden Stuhl einzusetzen.

Die vorstehend beschriebenen Vorrichtungen und Einrichtungen können mit einem chirurgischen Lasersystem für refraktive Korrekturen am Auge kombiniert werden. Zum Beispiel kann es sich dabei um ein LASIK-System handeln, das als solches dem Fachmann gut bekannt ist. Mit einer solchen Kombination der erfindungsgemäßen Vorrichtungen mit einem bekannten LASIK-System ist es möglich, zum Beispiel bei einer LASIK-Operation, bei der die Kornea neu geformt wird, eine Vernetzung der Hornhaut durchzuführen, zum Beispiel nach oder während der LASIK-Operation. Damit ist es möglich, den Korrekturbereich bei dem LASIK-Verfahren zu erweitern.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Korrigieren einer Fehlsichtigkeit oder Hornhauterkrankung eines Auges, gekennzeichnet durch die Kombination
 - einer Einrichtung (16) zum Verformen der Hornhaut des Auges mit
 - einer Einrichtung (18, 20) zum Verfestigen der Hornhaut.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (16) zum Verformen der Hornhaut einen Formkörper aufweist, der auf dem Auge platzierbar ist.
3. Einrichtung zum Verfestigen einer Hornhaut, insbesondere zum Einsatz in einer Vorrichtung nach Anspruch 1, mit zumindest einer Strahlungsquelle (20) zum Bestrahlen der Hornhaut.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere Strahlungsquellen (20) in der Einrichtung so angeordnet sind, dass die von ihnen abgegebene Strahlung homogen auf die Hornhaut fällt.
5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung so gestaltet ist, dass sie bei bestimmungsgemäßem Gebrauch in Kontakt mit der Hornhaut bringbar ist.
6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung so gestaltet ist, dass sie bei bestimmungsgemäßem Gebrauch einen vorgegebenen Abstand von der Hornhaut hat.
7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass als Strahlungsquelle Leuchtdioden vorgesehen sind.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, gekennzeichnet durch eine Strahlungsquelle mit Lichtwellenleitern (52).
9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 8 mit einem konischen Körper (18) zur Strahlungsführung.
10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 9 mit einem Strahlungssensor (28) zum Erfassen eines Teils der von der Strahlungsquelle bzw. den Strahlungsquellen abgegebenen Strahlung.
11. Einrichtung nach einem Ansprüche 3 bis 10, gekennzeichnet durch eine Steuer- oder Regeleinrichtung (24), mit der die Strahlung steuer- oder regelbar ist.
12. Einrichtung nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (36, 38) zum Messen des Abstandes zwischen einem Bauteil der Einrichtung und der Hornhaut.
13. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung mehrere Strahlungsquellen (20) aufweist, die so angeordnet sind, dass ihre Strahlungskegel (56) durch Überlappung eine homogene Beleuchtung einer Hornhaut ermöglichen.
14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 13, mit einer Einrichtung (22) zum Ansteuern einzelner Strahlungsquellen.
15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 14, mit Mitteln zum Bestimmen von Eigenschaften der Hornhaut.
16. Operationsmikroskop, verbunden mit einer Einrichtung gemäß einem der Ansprüche 3 bis 15.

- 14 -

17. Vorrichtung mit einem chirurgischen Lasersystem für refraktive Korrekturen der Hornhaut, in Verbindung mit einer Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 16.

1/2

Fig. 1

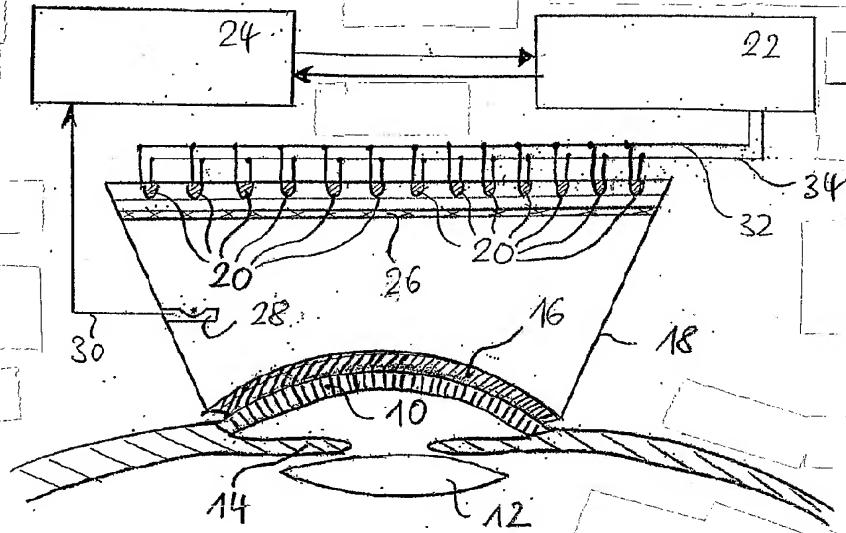
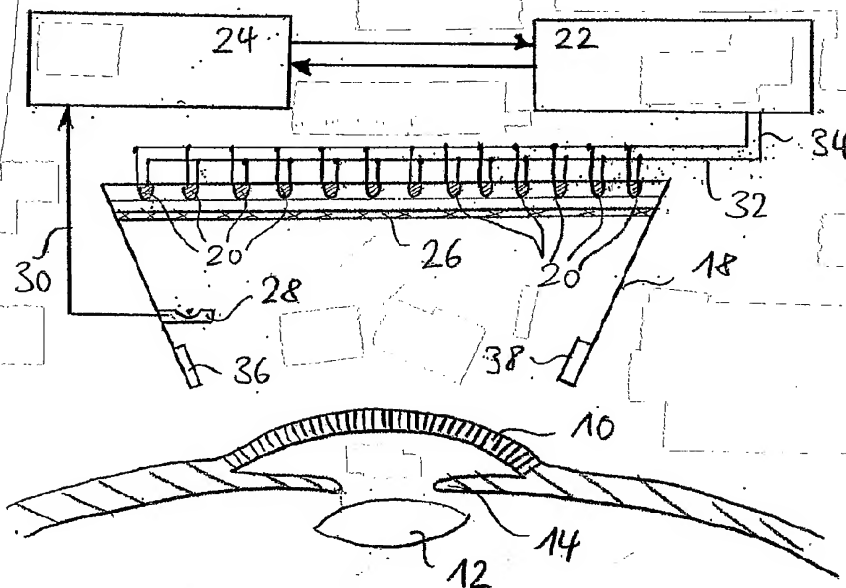


Fig. 2



2/2

Fig. 3

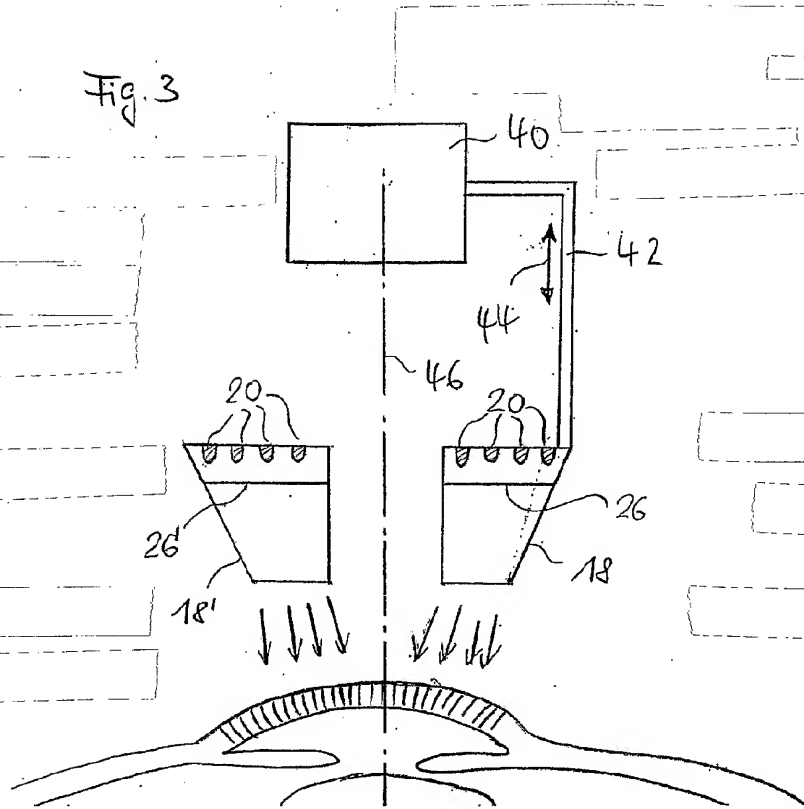
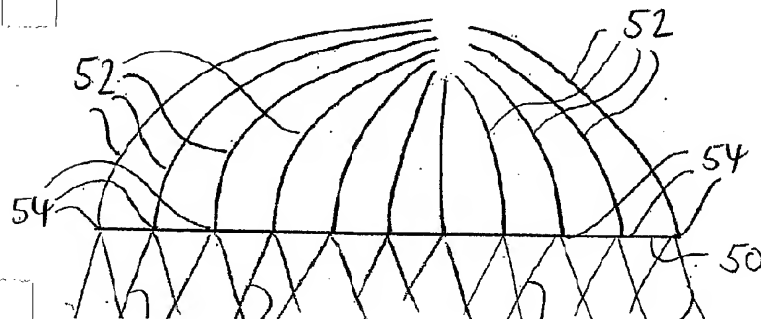


Fig. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/EP2005/001083

 A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 A61F9/008

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 A61F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, BIOSIS

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2001/016731 A1 (DEVORE DALE ET AL) 23 August 2001 (2001-08-23) paragraphs '0049!, '0051!, '0095!; figure 7	1-8
X	WOLLENSAK, SPÖRL ET AL: "Corneal endothelial cytotoxicity of riboflavin/uva treatment in vitro" OPHTHALMIC RESEARCH, no. 35, 30 June 2003 (2003-06-30), pages 324-328, XP002285679 page 325, right-hand column, paragraph 3; figure 2	3,4,6,7, 10,11,13
X	WO 99/45869 A (BAKER PHILLIP ;PARK JOHN Y (US); NESBURN ANTHONY (US); ADVANCED CO) 16 September 1999 (1999-09-16) page 10, line 27 - line 29; claims 1,18,19	1-3, 15-17
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 April 2005

Date of mailing of the international search report

04/05/2005

Name and mailing address of the ISA

 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mayer-Martenson, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/001083

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 760 807 A (NEEFE C) 25 September 1973 (1973-09-25) the whole document -----	1, 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/001083

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2001016731	A1	23-08-2001	US 6161544 A	19-12-2000
			AU 758912 B2	03-04-2003
			AU 2476199 A	16-08-1999
			BR 9908342 A	08-01-2002
			CA 2319087 A1	05-08-1999
			CN 1295677 A	16-05-2001
			EP 1051655 A1	15-11-2000
			JP 2002501796 T	22-01-2002
			RU 2214200 C2	20-10-2003
			WO 9939238 A1	05-08-1999
WO 9945869	A	16-09-1999	AU 758862 B2	03-04-2003
			AU 3073999 A	27-09-1999
			BR 9908692 A	04-12-2001
			CA 2323199 A1	16-09-1999
			CN 1299257 A	13-06-2001
			EP 1061873 A1	27-12-2000
			JP 2002506013 T	26-02-2002
			WO 9945869 A1	16-09-1999
			US 2003175259 A1	18-09-2003
			US 6537545 B1	25-03-2003
US 3760807	A	25-09-1973	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 A61F9/008

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 A61F

Recherchierte außer nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, BIOSIS

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2001/016731 A1 (DEVORE DALE ET AL) 23. August 2001 (2001-08-23) Absätze '0049!, '0051!, '0095!; Abbildung 7	1-8
X	WOLLENSAK, SPÖRL ET AL: "Corneal endothelial cytotoxicity of riboflavin/uva treatment in vitro" OPHTALMIC RESEARCH, Nr. 35, 30. Juni 2003 (2003-06-30), Seiten 324-328, XP002285679 Seite 325, rechte Spalte, Absatz 3; Abbildung 2	3,4,6,7, 10,11,13

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

27. April 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/05/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mayer-Martenson, E

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 99/45869 A (BAKER PHILLIP ;PARK JOHN Y (US); NESBURN ANTHONY (US); ADVANCED CO) 16. September 1999 (1999-09-16) Seite 10, Zeile 27 - Zeile 29; Ansprüche 1,18,19	1-3, 15-17
X	US 3 760 807 A (NEEFE C) 25. September 1973 (1973-09-25) das ganze Dokument	1,2

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2001016731 A1	23-08-2001	US 6161544 A	19-12-2000
		AU 758912 B2	03-04-2003
		AU 2476199 A	16-08-1999
		BR 9908342 A	08-01-2002
		CA 2319087 A1	05-08-1999
		CN 1295677 A	16-05-2001
		EP 1051655 A1	15-11-2000
		JP 2002501796 T	22-01-2002
		RU 2214200 C2	20-10-2003
		WO 9939238 A1	05-08-1999
WO 9945869 A	16-09-1999	AU 758862 B2	03-04-2003
		AU 3073999 A	27-09-1999
		BR 9908692 A	04-12-2001
		CA 2323199 A1	16-09-1999
		CN 1299257 A	13-06-2001
		EP 1061873 A1	27-12-2000
		JP 2002506013 T	26-02-2002
		WO 9945869 A1	16-09-1999
		US 2003175259 A1	18-09-2003
		US 6537545 B1	25-03-2003
US 3760807 A	25-09-1973	KEINE	